

11. 交通輸送被害予測

11.1 道路

11.1.1 概要

群馬県の緊急輸送道路ネットワークを踏まえ、道路を対象に交通輸送施設の被害予測を行った。交通輸送施設の被害は、地震後の復旧を検討する際、非常に影響を及ぼす要因であり、近年の被害地震では、道路網の寸断による孤立集落の発生等が問題となっているため、今回、被害予測を実施する。

具体的には、上記の交通施設について、地震被害予測に用いる構造物の種別などを把握し、構造・形式等に係る属性を地理情報に付与するとともに、利用状況を取りまとめている。また、これらの交通施設について、地震被害を予測するための手法を整理している。

なお、臨時ヘリポートについては、公園や校庭が臨時ヘリポートとなることから、地震後も利用できると仮定し、ここでは予測の対象としていない。

(1) 緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏予測

地震発生前後における緊急輸送道路ネットワークを利用した車による到達圏の予測を行う。到達圏の予測のため、緊急輸送道路における橋梁を対象として、橋梁の被害や、復旧に要する期間を予測する。

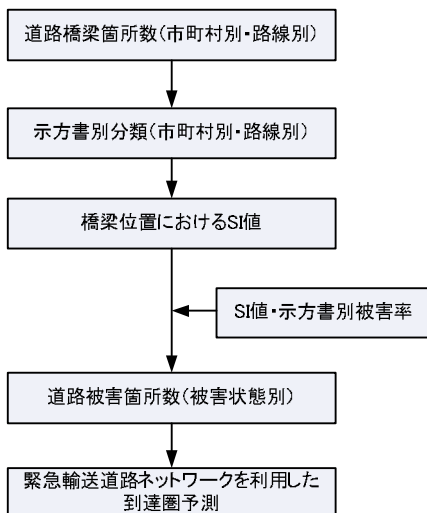
(2) 細街路

幅員 13m 未満の狭い国道、県道及び市町村道の細街路について、250m メッシュ毎の道路閉塞率を算出する。

11.1.2 各検討の流れ

緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏や細街路の検討フローを示す。

緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏



細街路

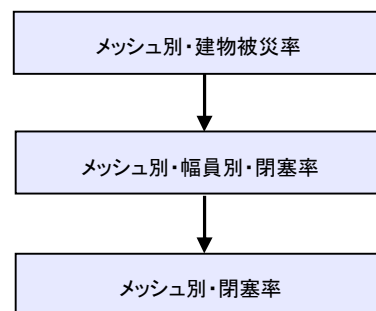


図 11.1.2-1 緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏と細街路の検討フロー

11.1.3 緊急輸送道路ネットワークを活用した到達圏予測

緊急輸送道路は、地震等災害時に人命救助や物資の輸送を担う輸送路であることから、この緊急輸送道路ネットワークを利用した、起点（この場合は群馬県庁）から目的地に到達するまでの到達時間を算出し、到達圏を予測した。到達圏を予測する際には、緊急輸送道路区間内にある道路橋梁について、その場所における SI 値から被害や復旧を検討し、地震後における到達圏の時間変化を予測した。

11.1.3.1 到達圏予測手法

前提条件

緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏予測の対象は、群馬県が指定する第一次、第二次、第三次の緊急輸送道路とする。緊急輸送道路上の橋長 15m 以上の橋梁について、道路管理者が保有する台帳や点検結果等のデータを基本とし、耐震補強が施されている場合、各道路管理者における耐震補強の実施状況に応じた示方書年に読み替え、被害や復旧を検討した。橋梁の示方書年または建設年が不明なものについては対象外とした。

予測手法

○橋梁被害

橋梁の被害は、道路施設の所在地における SI 値に応じた被害率とする。

SI 値と被害率の関係は、図 11.1.3-1、表 11.1.3-1 に示すとおりである。

なお、図 11.1.3-1、表 11.1.3-1 に併示している落橋とは、橋脚がある施設のみ生じる被害とし、橋脚がない施設についてはその SI 値において大被害が生じるものとする。

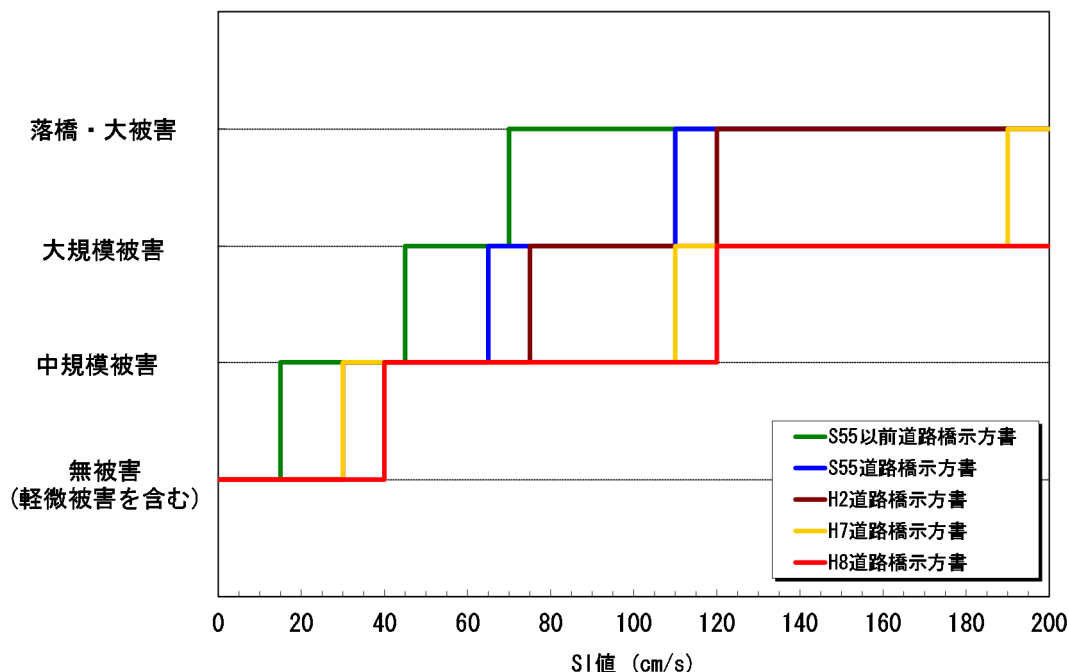


図 11.1.3-1 地震動強さと被災レベルの関係（日下部・谷屋・吉澤，2004）

表 11.1.3-1 地震動強さ別の被害状況及び被害率（日下部・谷屋・吉澤，2004）

示方書 SI値	昭和55年以前	昭和55年	平成2年	平成7年	平成8年
10以下	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)
10					
15	中規模被害	中規模被害	中規模被害	中規模被害	
30					
40					
45	大規模被害	大規模被害	大規模被害	大規模被害	中規模被害
65					
70	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害	大規模被害	
75					
105			大規模被害	大規模被害	
110					
115	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害	
120					
190以上			落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害

○復旧度・影響率

影響率とは、橋梁に被害が生じた場合の交通容量の減少率を表す。地震後の交通状態の影響率は、通行止めの場合は 1.0、幅員規制となる場合は 0.5 を設定し、橋梁の被災度に対応した経過時間毎の交通状態の影響率は表 11.1.3-2 のとおりとする。

表 11.1.3-2 橋梁の被災度と交通状況の影響率

被災度 経過時間	軽微な損傷 規制なし	中規模損傷 通行規制 (1ヶ月)	大規模損傷 通行止め (1ヶ月)	大被害 通行止め (2.5ヶ月)	倒壊 通行止め (10ヶ月)
発災 ≤ t ≤ 3日	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
3日 < t ≤ 7日	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
7日 < t ≤ 1ヶ月	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
1ヶ月 < t ≤ 2ヶ月	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
2ヶ月 < t ≤ 2.5ヶ月	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
2.5ヶ月 < t ≤ 4ヶ月	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
4ヶ月 < t ≤ 10ヶ月	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
10ヶ月 < t ≤ 18ヶ月	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

経過時間に記載する数値は発災日からの日・月数（日下部・谷屋・吉澤(2004)より）

11.1.3.2 緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏予測

関東平野北西縁断層帯主部、太田断層及び片品川左岸断層による地震における道路橋梁の被害を基にして、道路交通による県庁からの到達圏について予測する。これは、地震時に緊急輸送道路を利用した際の県内迂回路について考慮した道路ネットワークとして解析・検討を行っている。

図 11.1.3-2～5 に、通常時、（想定地震別）発災後 1 ヶ月以内、発災後 1 ヶ月～2 ヶ月の 3 つのケースに分けた到達圏のイメージ図を示す。なお、ここでは県内の緊急輸送道路のみ通行可能なものとして検討している。

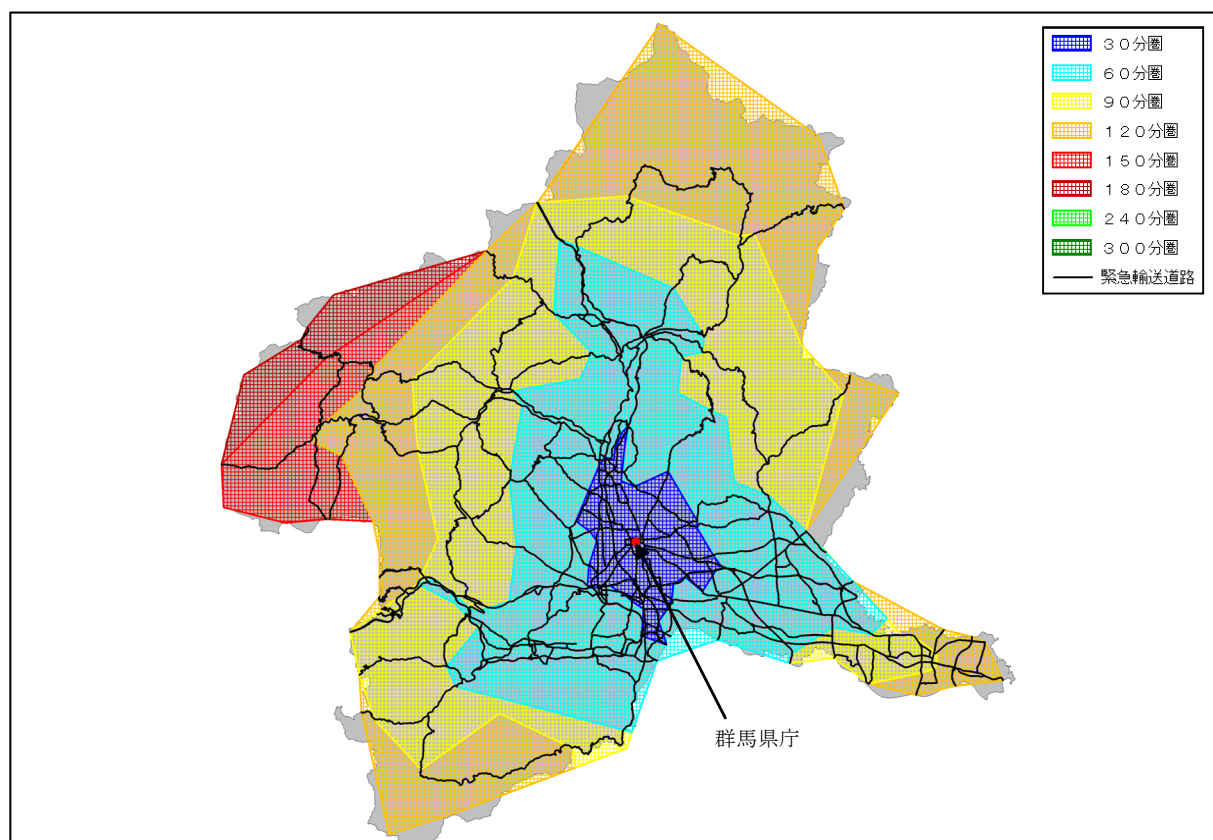
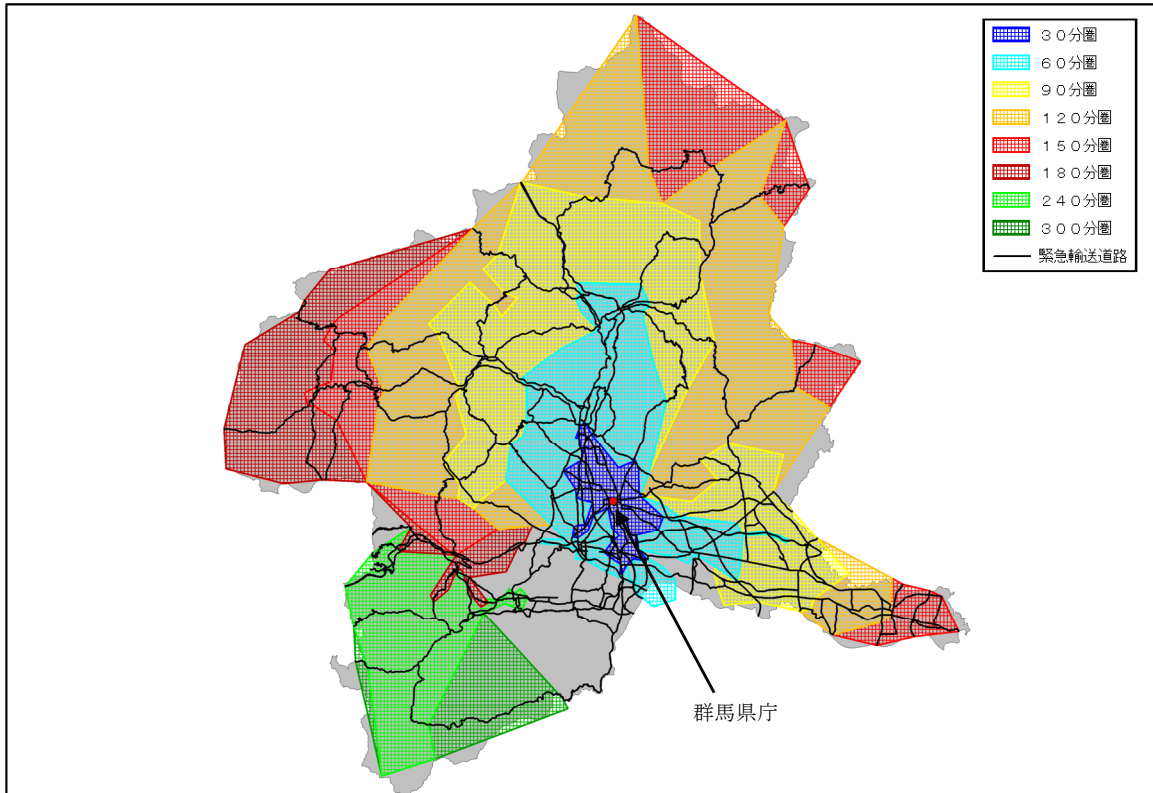
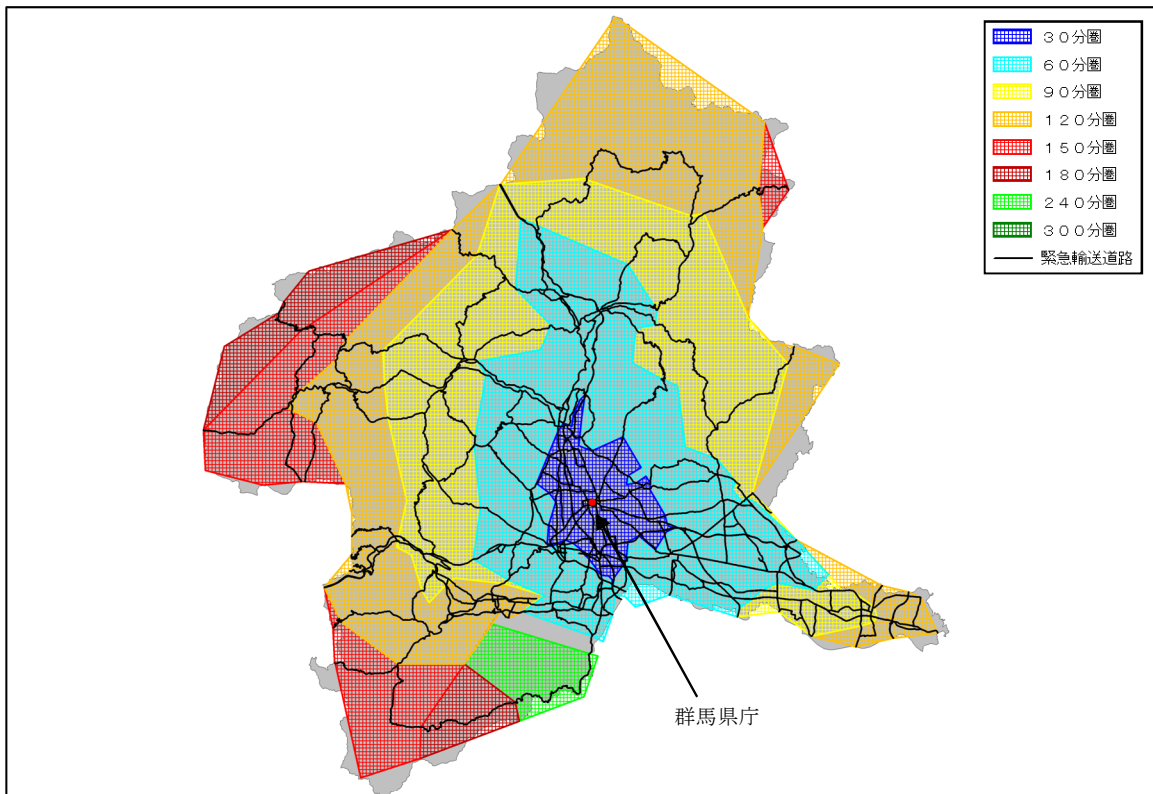


図 11.1.3-2 県庁からの到達圏
(通常時)

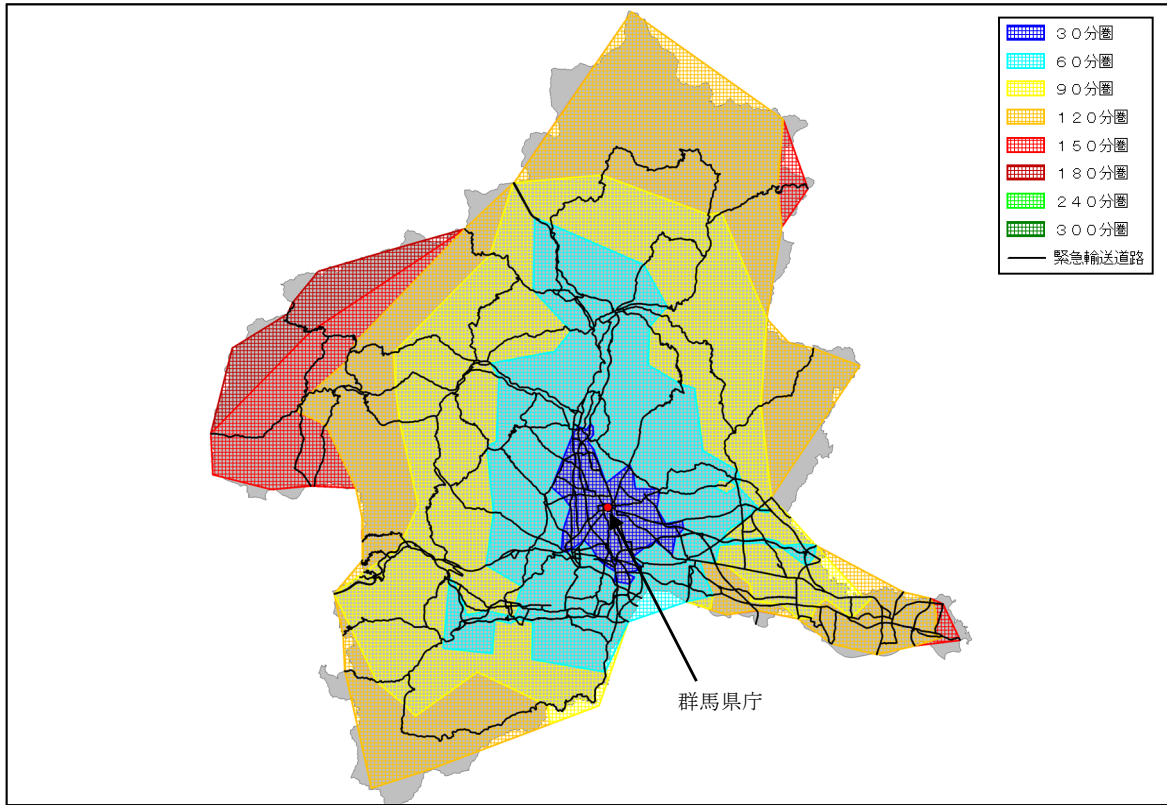


(地震発生後1ヶ月以内)

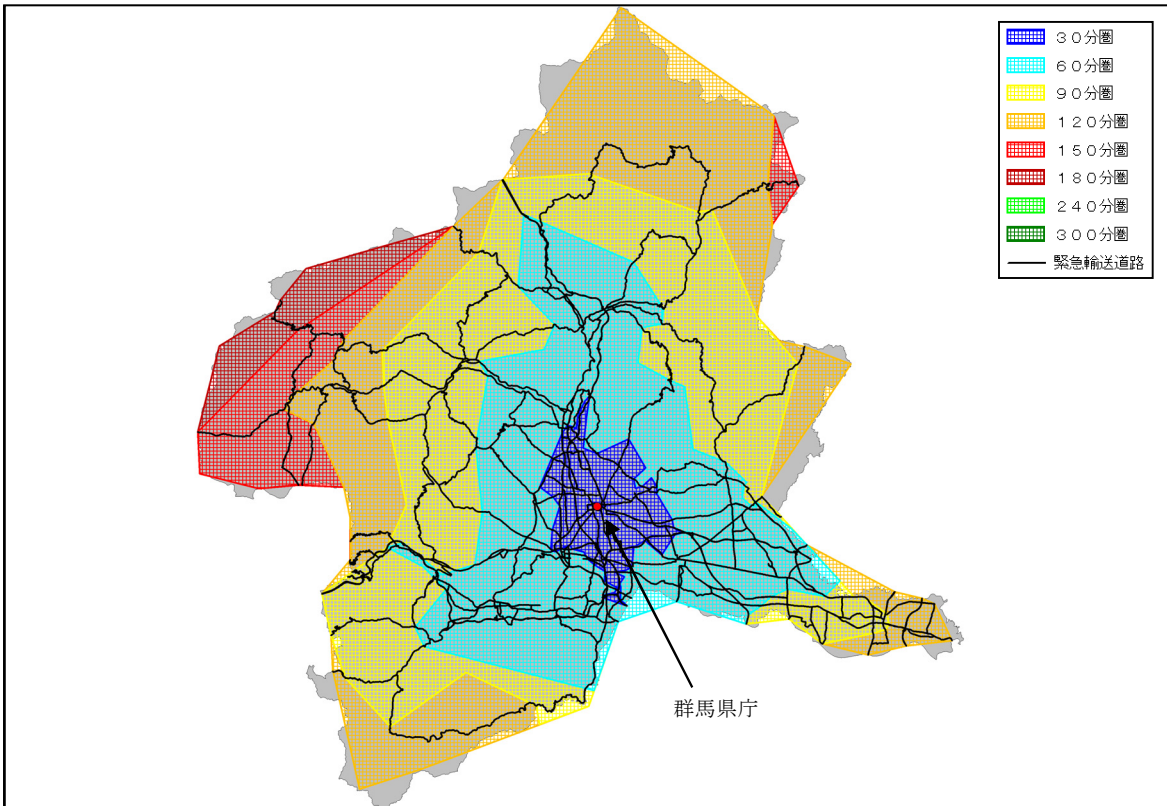


(地震発生後1~2ヶ月)

図 11.1.3-3 県庁からの到達圏(関東平野北西縁断層帯主部)

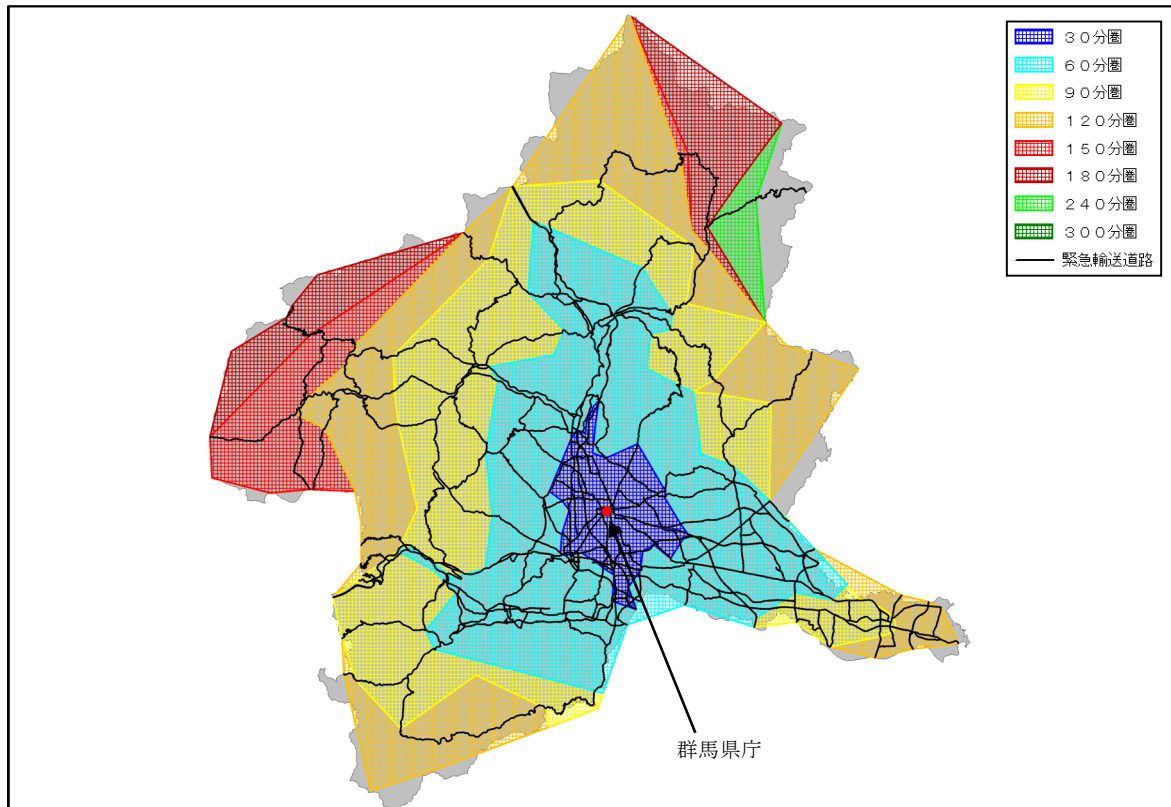


(地震発生後1ヶ月以内)

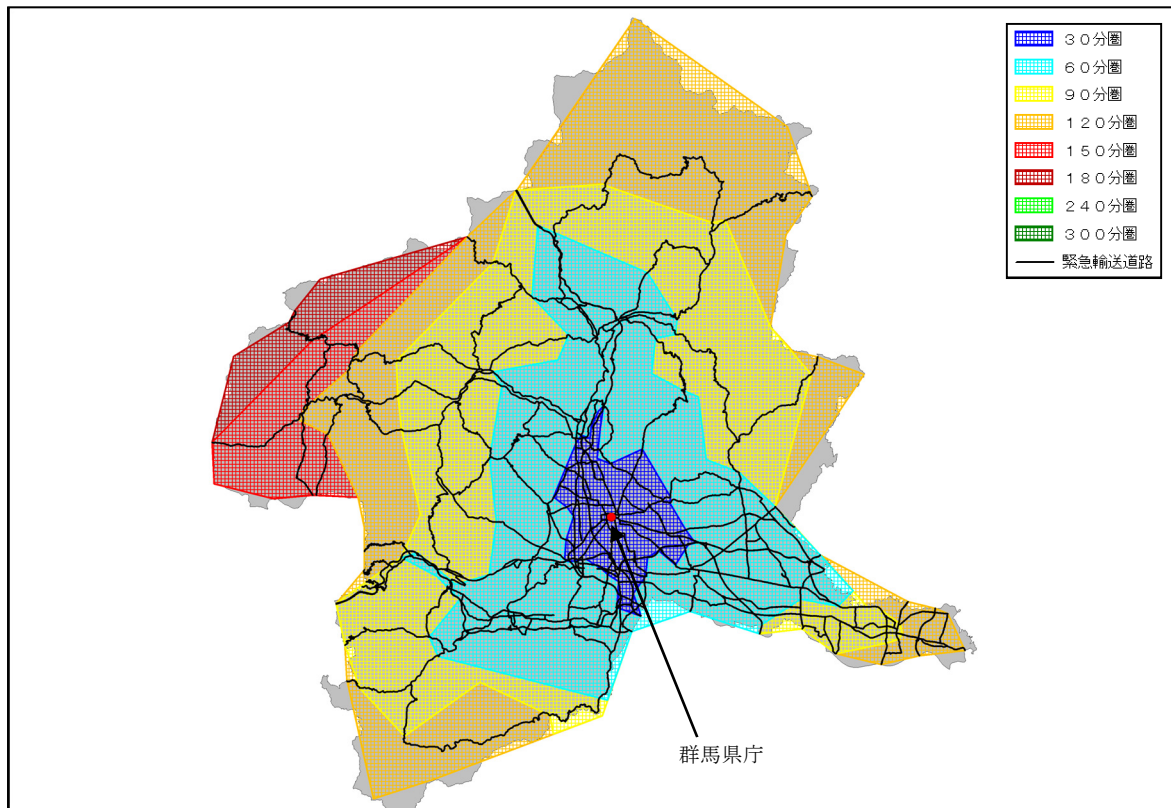


(地震発生後1~2ヶ月)

図 11.1.3-4 県庁からの到達圏(太田断層)



(地震発生後1ヶ月以内)



(地震発生後1~2ヶ月)

図 11.1.3-5 県庁からの到達圏(片品川左岸断層)

11.1.4 細街路の閉塞予測

細街路の閉塞については、初期消火の向上の基礎データとするために予測を行った。

11.1.4.1 被害予測手法

前提条件

- ・ 幅員 13m 未満の狭い国道、県道及び市町村道の細街路を（財）日本デジタル地図協会によるデジタル道路マップから抽出した。
- ・ 対象となる細街路を道路幅員別に 3 つに区分（幅員 3.5m 未満の道路・幅員 3.5m 以上 5.5m 未満の道路・幅員 5.5m 以上 13m 未満の道路）し、それぞれの道路閉塞率を算出・集計後、250m メッシュごとの道路閉塞率を算出した。
- ・ ここでいう道路閉塞は、閉塞によって残存車道幅員が 3m 以下になった状態を定義する。また道路閉塞率とは、メッシュ内における道路結節点（交差点から交差点）を結ぶ区間を道路の区間として、道路区間総数のうち閉塞する区間数の割合とする。
- ・ 以上により算出したメッシュごとの道路閉塞率を集計し、県全体でどの程度道路閉塞が発生するか算出した。なお、道路閉塞は 3 つに区分（道路閉塞率 15% 未満・15～20% 未満・20% 以上）して整理した。家田ほか(1997)の阪神・淡路大震災時で活動した消防署長、隊員へのアンケートによれば、瓦礫などによる街路閉塞で車道幅員が 3m 未満になった街路の割合が 15～20% を境にして、通行をあきらめる割合が増える傾向にあり火災防災面で影響を及ぼすと考えられる。

予測手法

- ・ 建物被災によりどの程度道路が閉塞したかということをも道路幅員別に算出した阪神・淡路大震災時の調査データに基づき、以下の式を設定し、道路閉塞率を算出した。

【幅員 3.5m 未満の道路】

$$\text{道路閉塞率 (\%)} = 0.9009 \times \text{建物被災率} + 19.845$$

【幅員 3.5m 以上 5.5m 未満の道路】

$$\text{道路閉塞率 (\%)} = 0.3514 \times \text{建物被災率} + 13.189$$

【幅員 5.5m 以上 13m 未満の道路】

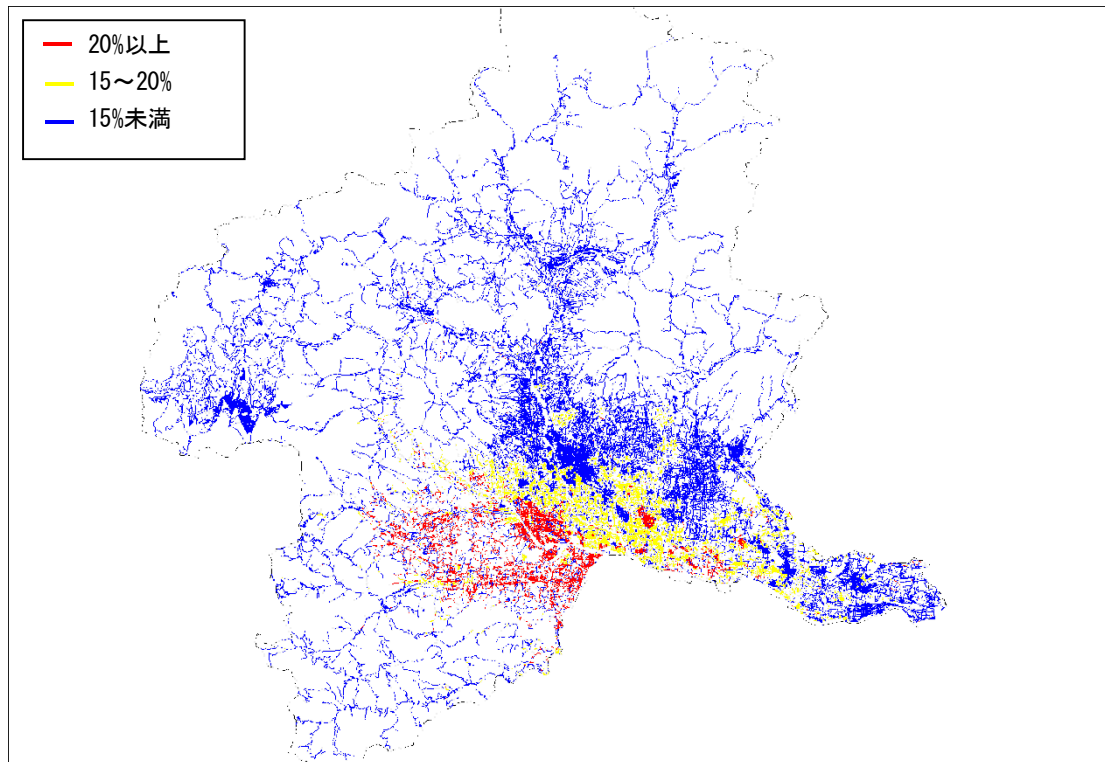
$$\text{道路閉塞率 (\%)} = 0.2229 \times \text{建物被災率} - 1.5026$$

- ・ メッシュごとの建物被災率は、ゆれと液状化の被害を対象として、以下の式により算出した。

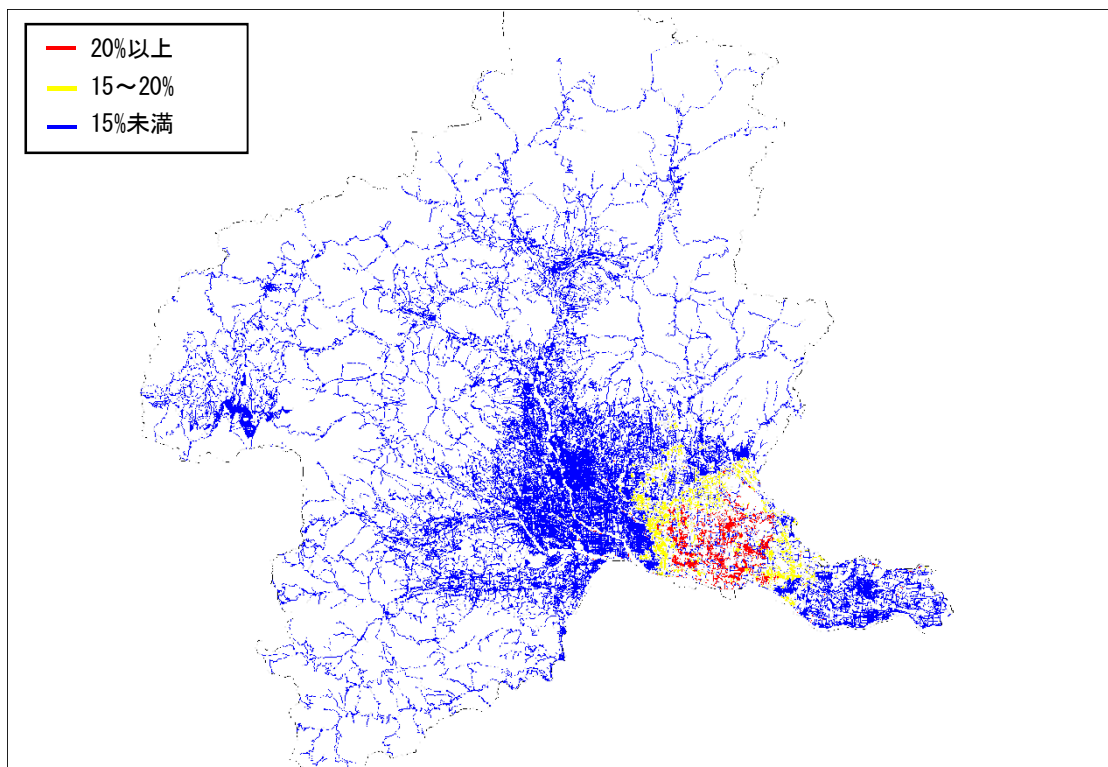
$$\text{建物被災率} = \text{全壊率} + (1/2) \times \text{半壊率}$$

11.1.4.2 被害予測結果

図 11.1.4-1～2 に細街路閉塞率の分布図を示した。関東平野北西縁断層帯主部による地震では、高崎市、藤岡市、富岡市、安中市を中心に道路閉塞率 20% 以上の地域が広がる。太田断層による地震では、太田市を中心に道路閉塞率 20% 以上の地域が広がっている。片品川左岸断層による地震では、片品村を中心に道路閉塞が発生するものの、他の 2 地震のような大きな広がりは見られない。

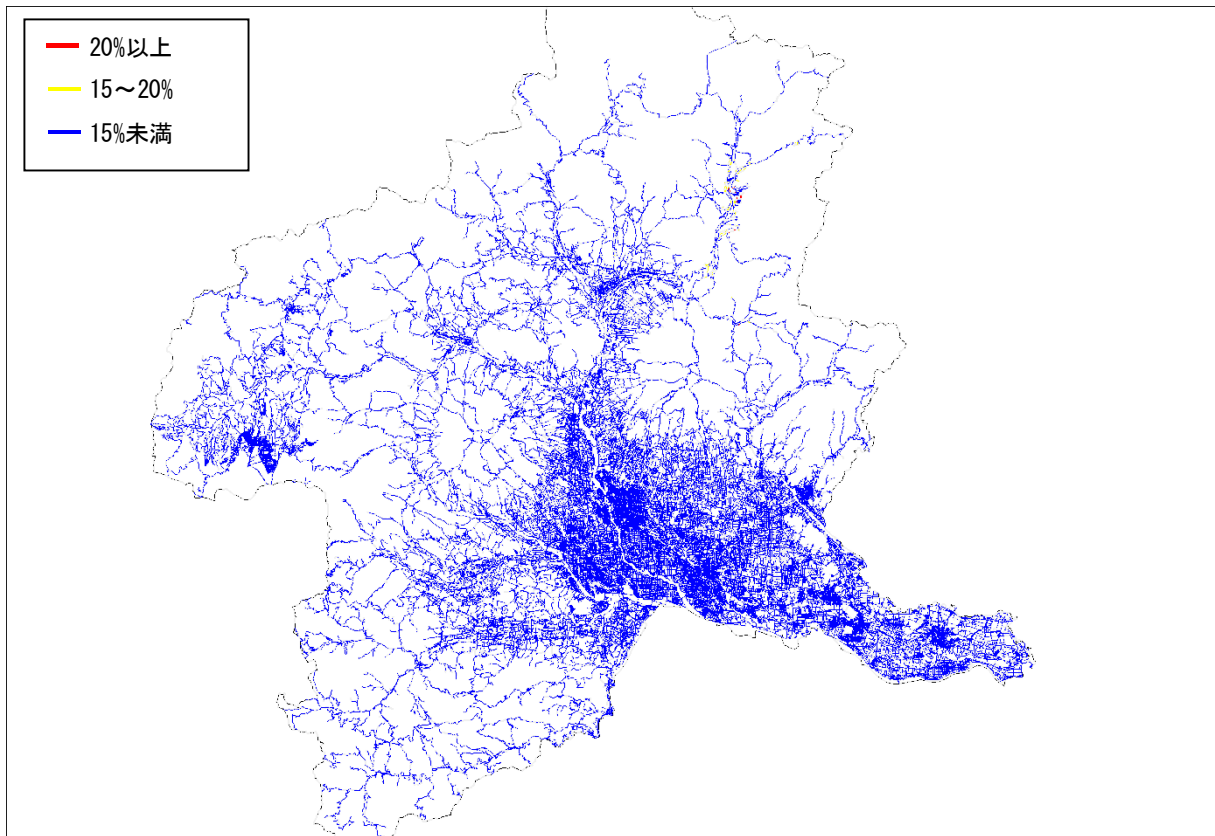


関東平野北西縁断層帯主部



太田断層

図 11.1.4-1 地震時における細街路の閉塞率予測結果（1）



片品川左岸断層

図 11.1.4-2 地震時における細街路の閉塞率予測結果（2）

11.2 鉄道橋脚の被害予測

11.2.1 概要

群馬県の鉄道ネットワークを踏まえ、鉄道を構成する主要施設である鉄道橋脚を対象として、地震による被害予測を行った。具体的には、路線区間における鉄道橋脚の被害数を予測した。

11.2.2 各検討の流れ

鉄道橋梁の検討のフローを示す。

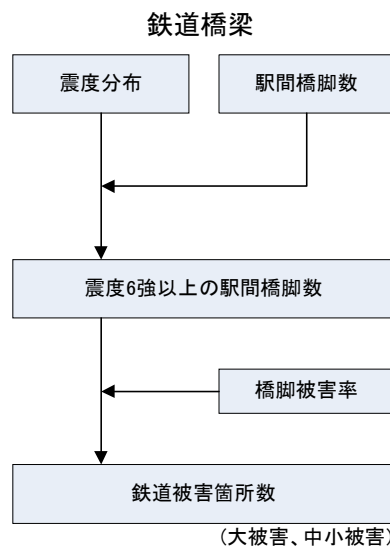


図 11.2.2-1 鉄道橋梁の検討フロー

11.2.3 被害予測手法

対象施設

- ・ 鉄道施設の被害については、橋脚の被害を算出することとし、落橋・倒壊を大被害（通行不能等の機能支障あり）、亀裂・損傷を中小被害（通行不能等の機能支障なし）とする。

予測手法

- ・ 阪神・淡路大震災の実態から、駅間の最大震度が6強以上となるエリア内での大被害（通行不能等の機能支障あり）箇所数、中小被害（亀裂などが発生するが機能支障なし）箇所数を算出（表 11.2.3-1 参照）。
- ・ 耐震補強後の橋脚については、通行不能等の機能支障が発生しないものとし、全て損傷・亀裂程度に抑えられるものとする。
- ・ 上記から、耐震補強後は大被害ゼロとするが、中小被害の発生割合については、耐震補強前の大被害+中小被害の発生割合とする。

表 11.2.3-1 橋脚の被害率

	震度	耐震補強前	耐震補強後
大被害（通行不能等の機能支障あり）	6強以上	0.00293	0
中小被害（通行不能等の機能支障なし）	6強以下	0.0315	0.0344

※橋脚被害率＝被害橋脚数／橋脚数

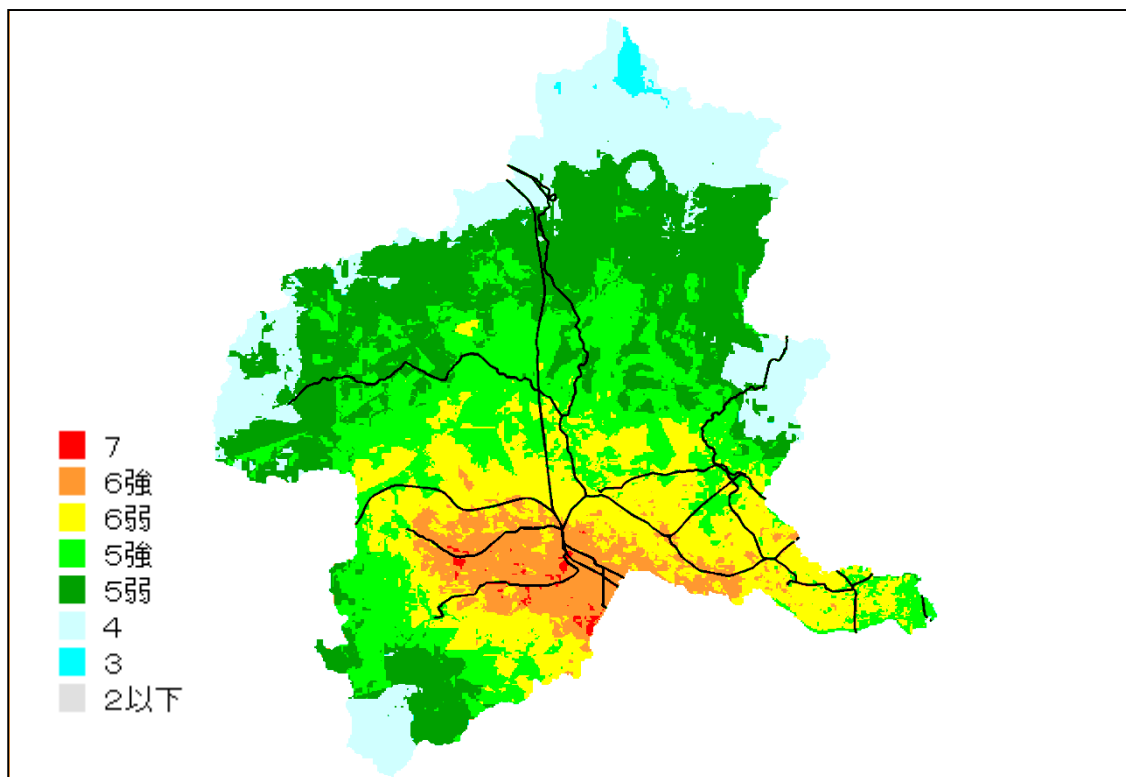
出典：運輸省鉄道局(1996)「よみがえる鉄路」をもとに集計

11.2.4 被害予測結果

被害予測を行った鉄道路線と、関東平野北西縁断層帯主部、太田断層及び片品川左岸断層の各地震により予測された震度6強の地域を重ねてプロットした。図11.2.4-1～2にこの図面を示したが、震度6強の地域は限定されているため、影響を受ける鉄道も限定されることが分かる。表11.2.4-1に被害予測結果を示した。

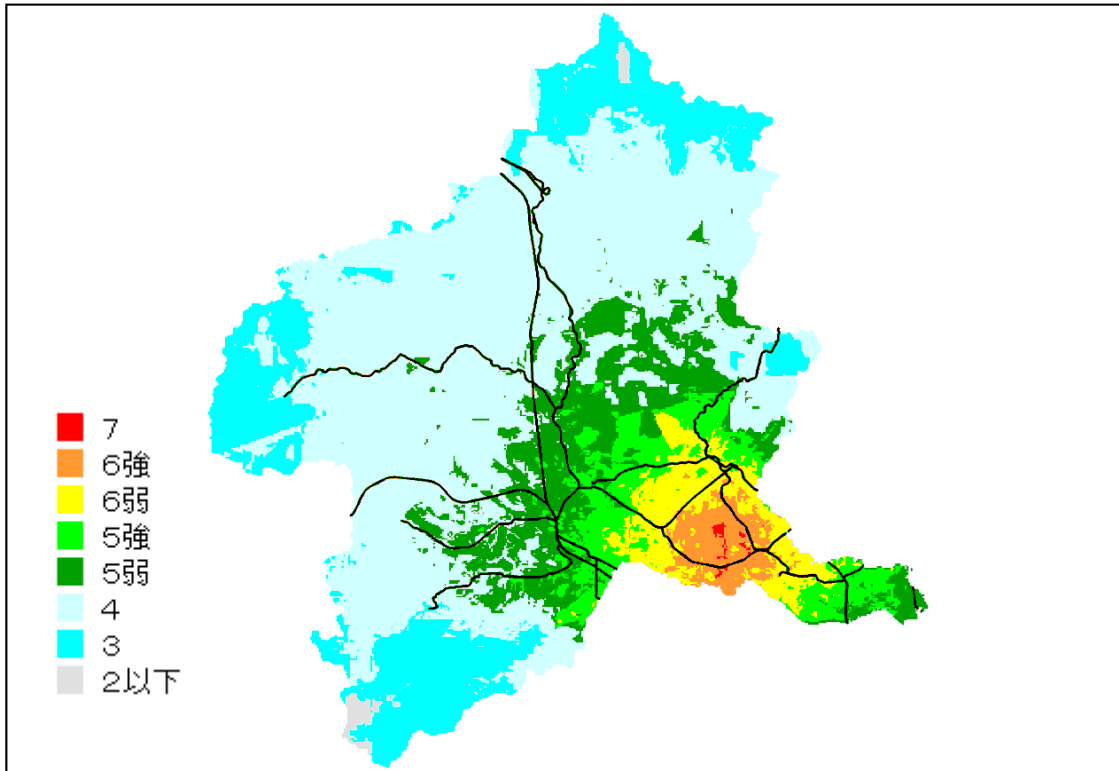
表 11.2.4-1 鉄道橋脚 被害予測結果

	関東平野北西縁断層帯主部	太田断層	片品川左岸断層
大被害箇所数	6	3	0
中小被害箇所数	74	32	0

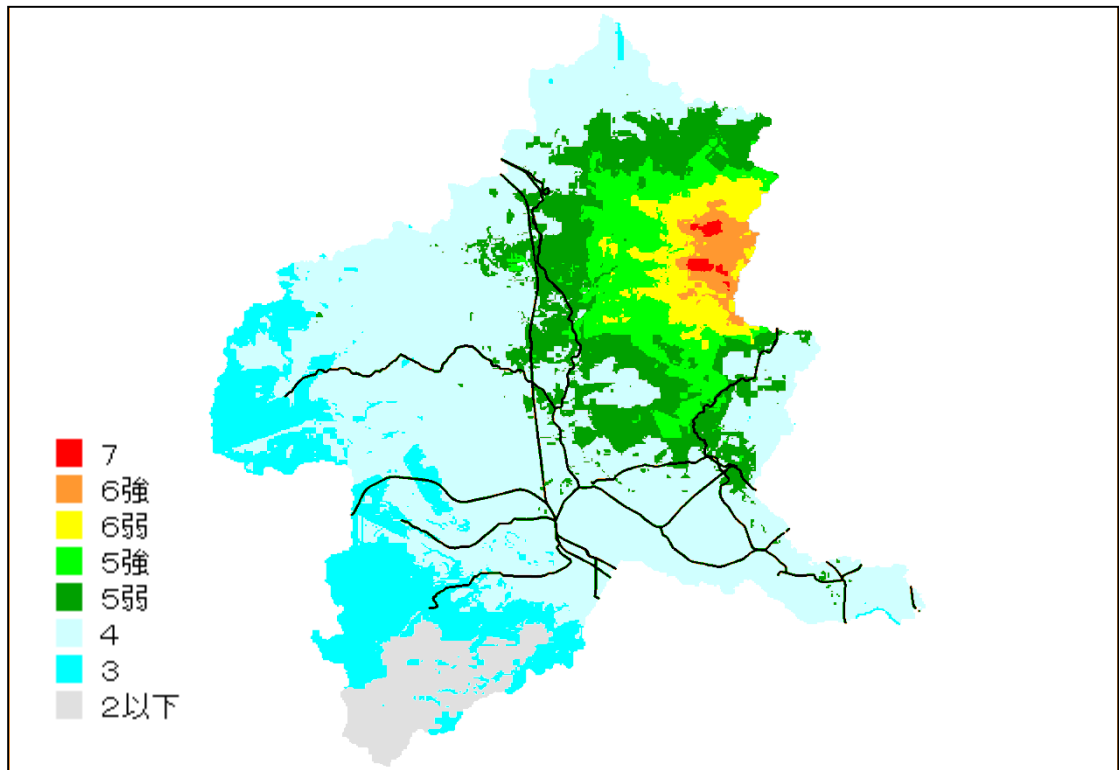


関東平野北西縁断層帯主部

図 11.2.4-1 各想定地震の震度分布と鉄道路線位置（1）



太田断層



片品川左岸断層

図 11.2.4-2 各想定地震の震度分布と鉄道路線位置 (2)

11.3 交通輸送施設被害予測結果の考察

(1) 緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏の予測

群馬県が指定した第一次緊急輸送道路～第三次緊急輸送道路区間内にある橋長 15m 以上の橋梁を対象に、算出した地震動と橋梁の採用基準（道路橋示方書）によってその被害を検討し、地震発生後、緊急輸送道路を利用した際の自動車による県庁からの到達圏を予測した。

関東平野北西縁断層帯主部による地震では、地震発生後 1 ヶ月間は、県南西部までの到達時間が長くなることが予測され、1 ヶ月後～2 ヶ月後の間には、到達圏は回復するが、到達までに通常時の 1.5 倍から 4 倍時間がかかるところが残ると考えられる。太田断層及び片品川左岸断層による地震では、地震発生後 1 ヶ月後～2 ヶ月後の間には、ほぼ通常時の到達圏まで回復すると考えられる。

(2) 細街路の閉塞予測

細街路を対象として閉塞予測を行った。

関東平野北西縁断層帯主部による地震では、高崎市、藤岡市、富岡市、安中市を中心に道路閉塞率 20%以上の地域が広がる。太田断層による地震では、太田市を中心に道路閉塞率 20%以上の地域が存在する。片品川左岸断層による地震では、片品村を中心に道路閉塞が発生するものの、他の 2 地震のような大きな広がりは見られない。

閉塞率が 15～20%程度よりも大きな領域では消防車両が通行不能になる可能性が増すなどの支障が生じるため、そのまま放置しておくことは火災防災面で影響を及ぼすことが考えられる。

なお、予測式の形状から、幅員 3.5m 未満の道路では建物被災率が小さくても道路閉塞率が 20%以上となるため、幅員 3.5m 未満の道路の道路が存在する地域では道路閉塞率 20%以上の地域が散見される結果となっている。

(3) 鉄道橋脚の被害予測

群馬県内の鉄道橋脚（高架橋を含む）で、震度 6 強以上となる領域が広く存在する関東平野北西縁断層帯主部による地震で 6 箇所程度、太田断層の地震で 3 箇所程度の大被害が発生する可能性がある。一方で片品川左岸断層による地震では被害は発生しない結果となった。

11. における参考文献

- 1) 日下部毅明・谷屋修一・吉澤勇一郎(2004)：道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，第 160 号。
- 2) 家田仁・上西周子・猪股隆行・鈴木忠徳(1997)：阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響，土木学会論文集 No.576/IV-37, 69-82.
- 3) 阪神・淡路大震災鉄道復興記録編纂委員会 編(1996)：よみがえる鉄路—阪神・淡路大震災鉄道復興の記録，運輸省鉄道局(監修)，山海堂。